

FOLDED SPRING BASED ON MICRO ELECTRO-MECHANICAL RF SWITCH AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

Publication number: JP2001143595

Publication date: 2001-05-25

Inventor: TSUI KUINGU SAN

Applicant: MOTOROLA INC

Classification:


- international: *B81B3/00; B81B7/02; H01H59/00; H01L29/84; H01P1/12; B81B3/00; B81B7/00; H01H59/00; H01L29/66; H01P1/10; (IPC1-7): H01H59/00; B81B7/02; H01L29/84*

- european: H01H59/00B; H01P1/12D

Application number: JP20000269664 20000906

Priority number(s): US19990397313 19990916

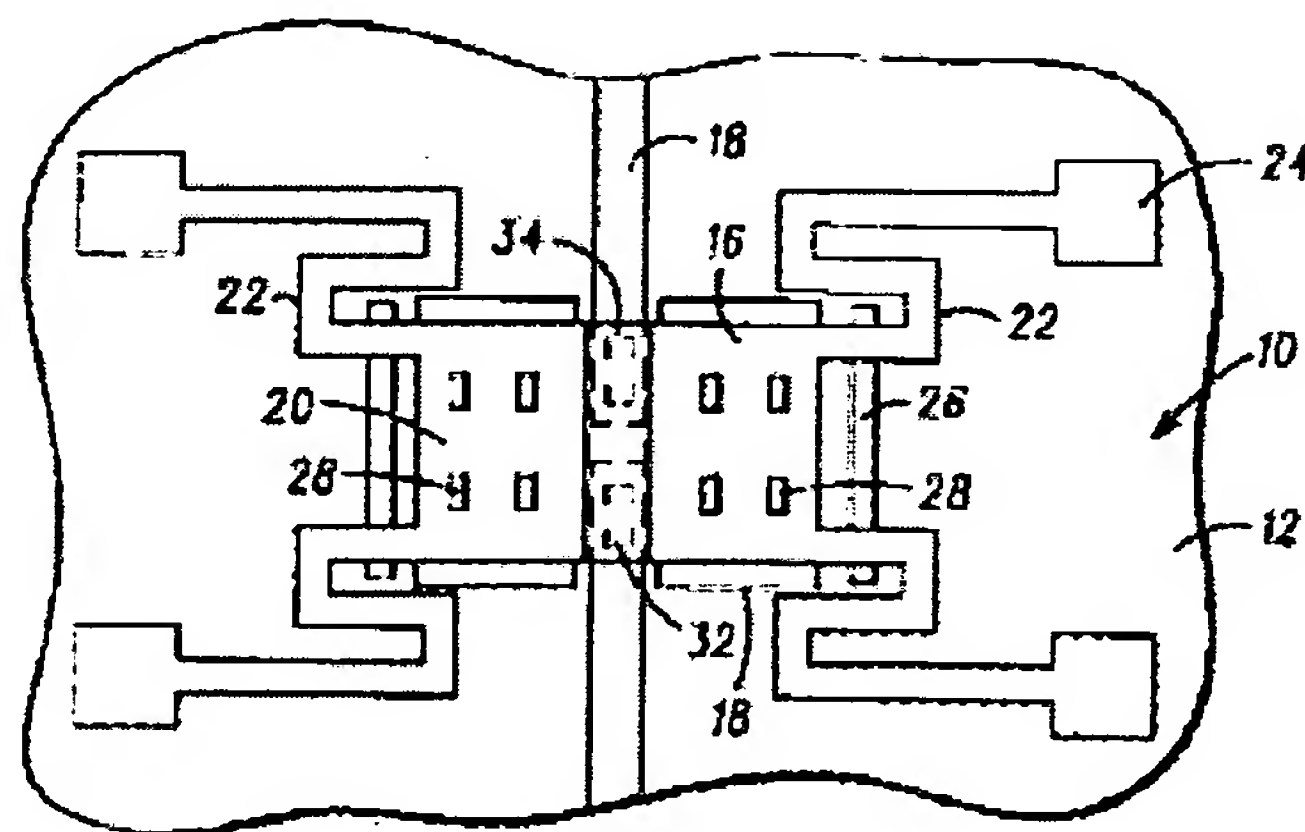
Also published as:

 US6307452 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2001143595

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a folded spring based on micro electro-mechanical RF switch. **SOLUTION:** A micro electro-mechanical RF switch 10 is formed on a circuit board 12 by means of a micro platform 20 suspended by a spring suspension 22. The spring suspension has an end attached to an anchor 24, extending over a signal line 18 in the substantially perpendicular direction. The micro platform 20 has a short piece 34 arranged adjacent to a gap 21 in the signal line. An electrical contact post is formed over the signal line to form a capacitor, which applied with a selected voltage is drawn by static electricity toward the bottom electrode 14. This switch shows electrical separation of 35 dB in 20 GHz, functioning up to 50 GHz in DC for insertion loss of 0.5 dB. RF switch is used in an electrical communications including wireless communications.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-143595
(P2001-143595A)

(43) 公開日 平成13年5月25日 (2001.5.25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	特許出願公開番号
H 0 1 H 59/00		H 0 1 H 59/00	
B 8 1 B 3/00		B 8 1 B 3/00	
	7/02		7/02
H 0 1 L 29/84		H 0 1 L 29/84	Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-269664 (P2000-269664)

(22) 出願日 平成12年9月6日 (2000.9.6)

(31) 優先権主張番号 3 9 7 3 1 3

(32) 優先日 平成11年9月16日 (1999.9.16)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390009597
モトローラ・インコーポレイテッド
MOTOROLA INCORPORATED
アメリカ合衆国イリノイ州シャンバーグ、
イースト・アルゴンクイン・ロード1303

(72) 発明者 ツィ・クィング・サン
アメリカ合衆国アリゾナ州チャンドラー、
アパート236、ウエスト・ノーバル・プレイ
イス100

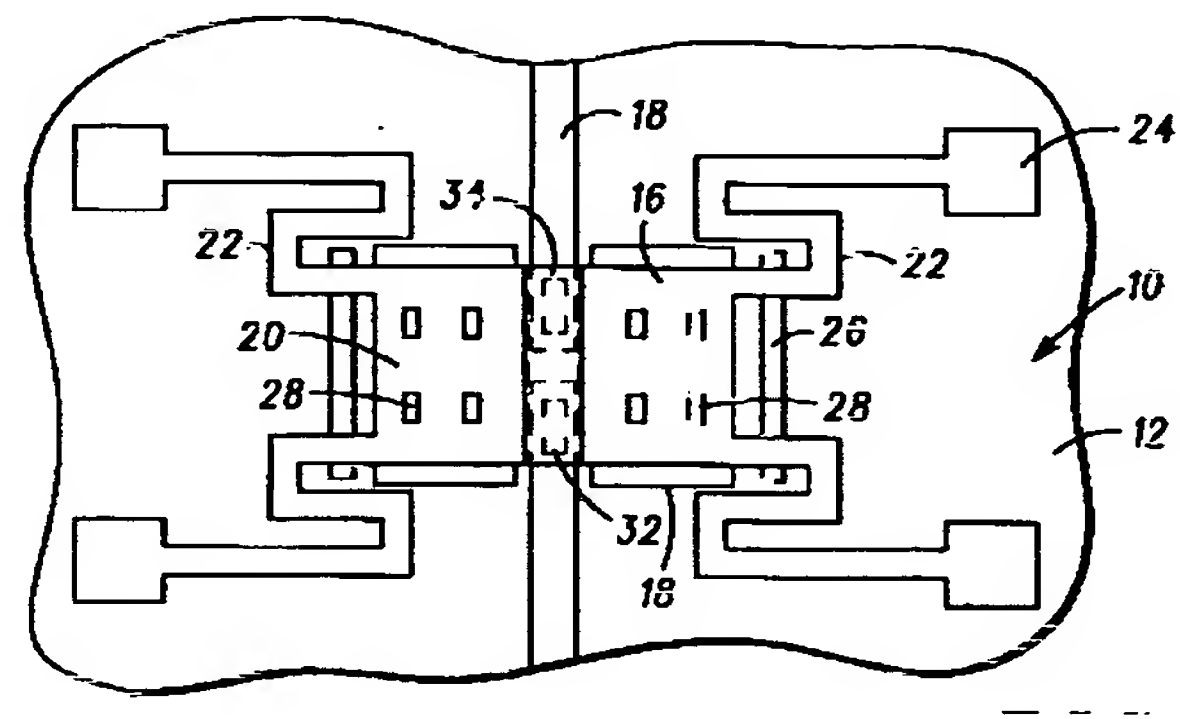
(74) 代理人 100091214
弁理士 大貫 進介 (外1名)

(54) 【発明の名称】 マイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチをベースにした折り返しバネとその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 マイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチをベースにした折り返しバネとその製造方法が提供される。

【解決手段】 マイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチ10は、バネ懸架装置22の上に懸架されたマイクロプラットフォーム構造20を用いて、基板12上に形成される。バネ懸架装置は、1つの端部でアンカー構造24に付着されて、信号ライン18上で、実質的に直交する方向で伸びる。マイクロプラットフォーム20は、信号ライン内の間隙21に面して配置される短絡片34を有し、電気接点ポストが、信号ライン上に形成されて、コンデンサ構造を形成し、このコンデンサ構造は、選択された電圧が印加されると、静電気より、底部電極14の方向に引きつけられる。このスイッチは、20GHzにおける電氣的分離が35dB、挿入損が0.5dBの状態、DCから少なくとも50GHzまで機能する。RFスイッチは、ワイヤレス通信を含む電気通信において用途を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板(12)上に形成されたマイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチ(10)であって:

(a) 前記基板上に形成されたアンカー構造(24)、底部電極(14)、および2つの独立した信号ラインであって、前記信号ラインは、開路を形成する間隙(21)を有する信号ライン;

(b) 1つの端部で前記アンカー構造(24)に付着されて、前記底部電極(14)方向に対し、実質的に直交方向に伸びるバネ懸架装置(22);

(c) 前記バネ懸架装置(23)のもう1つの端部に付着され、前記バネ懸架装置から遠隔の部分に形成される短絡片(34)を有するマイクロプラットフォーム構造(20)であって、前記短絡片は、前記信号ライン内の前記間隙に面する形で配置されるマイクロプラットフォーム構造(20);および

(d) 前記信号ライン上に形成され、前記短絡片に面するように配置されて、前記短絡片上で、選択的に電圧を印加すると、静電気により、前記底部電極方向に引きつけられるコンデンサ構造を形成する電気接点ポスト(32);によって構成されることを特徴とするマイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチ。

【請求項2】 前記マイクロプラットフォーム(20)が対称性であることを特徴とする、請求項1記載のマイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチ。

【請求項3】 基板(12)上に形成されるマイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチ(10)であって:

(a) アンカー構造(24)、底部電極(14)および前記基板上に形成された2つの独立した信号ライン(18)であって、前記信号ラインは、開路を形成する間隙(21)を有する信号ライン;

(b) 1つの端部で、前記アンカー構造(24)に付着され、前記底部電極(14)に対して実質的に直交する方向で伸びるバネ懸架装置(22);

(c) 前記バネ懸架装置(22)のもう1つの端部に付着され、前記バネ懸架装置(22)から遠隔の端部上に形成される短絡片(34)を有するプラットフォーム構造(20)であって、前記短絡片は、前記信号ライン内の前記間隙に面する形で配置されるプラットフォーム構造;

(d) 前記信号ライン(18)上に形成され、前記短絡片に面するように配置されて、コンデンサ構造を形成する金属接点(32);および

(e) 前記上部電極(16)に選択的に印加されて、前記コンデンサ構造を、前記底部電極(14)に引きつける静電力を生じる電圧であって、前記マイクロプラットフォーム上の前記金属接点は、前記信号ライン内の前記間隙を閉じる電圧;によって構成されることを特徴とするマイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチ。

【請求項4】 前記マイクロプラットフォーム(20)

が対称性であることを特徴とする、請求項3記載のマイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチ。

【請求項5】 マイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチ(10)を作る方法であって:

(a) 基板(12)を形成する段階;

(b) 前記基板上に、アンカー構造(24)、底部電極(14)および2つの独立した信号ライン(18)を設け、前記信号ラインが、開路を形成する間隙(21)を有する段階;

(c) バネ懸架装置(22)を、前記アンカー構造(24)の1つの端部に付着して、前記バネ懸架装置を、前記底部電極(114)に対し、実質的に直交する方向で伸長させる段階;

(d) マイクロプラットフォーム(20)を、前記バネ懸架装置(22)のもう1つの端部に付着する段階;

(e) 前記バネ懸架装置(22)から遠隔に位置するマイクロプラットフォーム構造(20)の一部分の上に、短絡片(34)を形成し、前記短絡片は、前記信号ライン内の前記間隙に面するように配置される段階;および

(f) 前記信号ライン上で、前記短絡片(34)に面するように配置される電気接点ポスト(32)を形成して、静電気により前記底部電極に引きつけられるコンデンサ構造を形成する段階;によって構成されることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、一般に、マイクロ・エレクトロメカニカル・システムズ(MEMS)に関し、さらに詳しくは、DCから少なくとも50GHzまでの信号周波数で機能する折り返しバネ構造を有する微小機械(micro machined)スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】微小機械集積無線周波数(RF)スイッチは、RF方式において、on状態とoff状態のインピーダンス間で大きなダイナミック・レンジを提供する一方、大型化と高コスト化を回避するので、電気通信用途にとっては好ましい。しかしながら、このような微小機械スイッチでは、電極どうしが近接しているので、アークを引き起こす静止摩擦について問題が存在する。この問題は、MEMSでは大幅に増大し、MEMSでは、RFスイッチは、高速で機械的に動作し、5GHzを超える周波数で高い電力信号を処理しなければならない。

【0003】米国特許第5,578,976号に記載されるMEMSシステムは、4GHzまでの信号周波数でのみ、低電力RF信号を処理する一方で、on状態のときに相対的な最小挿入損と、off状態のときに相対的に高い電気的分離とを維持できるに過ぎない。特許を付与された微小機械スイッチは、微小機械アームド(armed)片持ちアクチュエータを収容しており、これは、前記特許第,976号からの複製である図1に示されるよ

うに一端が固定されている。動作において、片持ちアクチュエータが on に切り替わると、スイッチの短絡片と固定電気接点との間には、線路接点のみが作られる。そのため、微小スイッチの耐荷重は、アークおよび溶接上の問題（図2参照）によって、極めて制限される。

【0004】膜構造をベースにし、かつ基板に対して複数の側面で固定される微小スイッチが、米国特許第5,619,061号に記載される。この膜構造は、薄膜応力を受けやすく、膜の原位置での処理中に生じる可能性がある曲がりに対する耐性がほとんどない。そのため、これらの素子は機能上故障をよく起こす。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】したがって、DCから少なくとも50GHzまでの信号周波数において、onからoffまで、幅広いダイナミック・インピーダンス・レンジを提供し、かつ大きな耐荷重を有するマイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチ用電気通信システムに対する必要性が依然存在する。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、50GHzまでの信号周波数を処理できる一方で、off状態のときに極めて良好な電气的分離を維持し、かつ、on状態のときに、大きな荷重に耐える一方で、挿入損を最小に維持できる微小機械マイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチによって構成される。

【0007】好適な実施例において、このRFスイッチは、アンカー構造を介して、複数の折り返しバネ懸架装置により基板に接続される懸垂型のマイクロプラットフォームを有する、電気絶縁基板の上に作製される。このマイクロプラットフォーム構造は、基板上の信号ラインにより形成される空隙内で、同時平面-平面電気接点を設ける。プラットフォーム上にある上部電極は、基板上の信号ラインの上に、コンデンサ構造を形成し、このコンデンサ構造は、上部電極とプラットフォームを通して伸びる穴のグリッドを含むことが好ましい場合がある。これらの穴は、プラットフォームと底部電極との間の空隙に匹敵する寸法を有することが望ましく、これらはまた、素子の大きさを低減するのに役立つ。このスイッチは、上部電極に電圧を印加することによって起動される。電圧が印加されると、静電力によって、プラットフォーム上のコンデンサ構造が、信号ラインに引き付けられて、信号ライン内の空隙を閉じる。このスイッチは、20GHzにおいて、電气的分離が35dB、挿入損が0.5dBの状態、DCから少なくとも50GHzまで機能する。

【0008】微小機械スイッチを形成する工程は、フォトリソ（photolithography）マスクにより、低温（250°C）工程を用いて、スイッチが、マイクロ波回路と無線周波数集積回路と共に集積できるようにする。微小機械スイッチの用途は、電気通信業界、特に無線セルラ電話

に属する。

【0009】本発明のプロトタイプに示されるように、マイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチは、25ボルトで通常のoff状態（開路）からon状態に切り替わり、ほぼゼロ電力のときいずれかの状態に維持できる。周囲の低圧ヘリウムでは、スイッチの閉時間と開時間は、20マイクロ秒のオーダーである。スイッチは、少なくとも50mAの電流を取り扱うことができる。

【0010】RFスイッチの目的は、所望のRF分離を得るために、信号ライン間隙の面積を正確に制御し、かつ大きな電力処理能力を有しながら、低いRF挿入損をもたらすことである。

【0011】

【実施例】本発明は、高速で動作し、DCから少なくとも50GHzまでの範囲をとる周波数で、高電力RF信号を処理するRFスイッチを有する用途向けに設計された、マイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチである。

【0012】図3に示される好適な実施例において、スイッチ10は、例えば、GaAs基板、ガラス基板、酸化シリコン・ウエハまたはプリント回路板（PCB）などの電气的に絶縁された材料から構成される基板12上に作製される。このスイッチは、マスキング、エッチング、堆積およびリフトオフを含む微小作製技術を用いて、セラミック板によって作製されることが望ましい。スイッチ10は、アンカー構造24によって、基板12に付着される。このアンカー構造24は、堆積ビルドアップまたは周囲材料をエッチングで除去することによって、基板12上に、メサとして形成できる。底部電極14は、通常、接地に接続されており、信号ライン18はまた、基板12上に形成される。底部電極14と信号ライン18は一般に、例を挙げれば、金、プラチナのような容易に酸化されない金属の微小片で構成され、金属は例えば、基板12の上に堆積される。信号ライン18により形成される間隙21は、図5および図6に示されるように、スイッチ10を起動することにより、開閉される。

【0013】スイッチ10の起動部分は、マイクロプラットフォーム構造20を収容しており、この構造は間隙21の上に懸架され、図3に示されるように、折り返しバネ22により、アンカー24に付着された対称的に平坦構造であることが望ましい。折り返しバネ22は直角に曲げられ、アンカー24と懸垂式プラットフォーム20との間に直交するように配置される。4つの折り返しバネが、図3に示されるように、4つのアンカー24から、マイクロプラットフォーム20の4つの角のそれぞれに付着される。

【0014】折り返しバネ22の平行する2つの部分の長さは、図4に示されるように、それぞれL1、L2である。長さL1、L2は、図4に示されるように、単一

信号ライン18の上方の間隙21を調整するためのツールとなるように変更することができる。例えば、長さL2は一定に維持されることができ、L1は、より大きな空隙を形成するように長くすることができる。空隙が大きいほど、電気的分離が高くなる。しかしながら、低い静電動作電圧は一般に、小さな空隙を必要とする。

【0015】バネ構造22の折返し構成は、組込み応力およびgraduant応力のほとんどが、バネ22の折返し部分で解放されるという点で、スイッチ10の機械応力バッファとして働く。これらのバネは、スイッチ10の動作中、マイクロプラットフォーム20に対して、より大きな変位を起こすのに寄与する。

【0016】折返しバネ22はまた、図4に示されるように、マイクロプラットフォーム20に接続された等しい張力を与える。バネ22によって、マイクロプラットフォーム20を固定することにより、4つの側面それぞれからマイクロプラットフォームが伸びて、これにより、マイクロプラットフォームの平坦化された平面を維持する。

【0017】マイクロプラットフォーム20は、電気絶縁層と導電膜とを含む2つのバイモルフ層によって構成されることが望ましい。マイクロプラットフォーム20の電気絶縁層は、低温酸化シリコン、硝化シリコン、シリコン酸化硝化物、炭化シリコンまたはその他の技術上知られている材料などの材料で作ることができる。導電膜は、タンタル、ケイ化物、タングステン、金、プラチナおよびその他の従来技術上使用される材料などの材料から選択されることが望ましい。誘電絶縁層は、主機械構造材料として働く一方、導電材料は静電電極またはサーマル・ヒータの働きをする。2つの層が結合してバイモルフ構造を形成し、この構造はまた、2つの層間の応力の不整合によって、熱的に駆動できる。

【0018】電気接点または接点ポスト32は、図5および図6に最も良く示されるように、信号ライン18上に形成される。接点ポスト32は従来、金、プラチナまたは金-プラチナなどの金属によって組成され、これらは容易に酸化せず、信号ライン上に配置されて、マイクロプラットフォーム20の短絡片34に面する。接点ポスト32は、技術上知られている従来の方法、特にスパッタリングまたは電気蒸着によって形成される。

【0019】接点ポスト32は、信号ライン18上に作られて、図5および図6に示されるように、近接する底部電極14を超える高さまで伸びる。接点ポスト32を、底部電極14を超える高さにまで伸ばすことによって、接点ポスト32と短絡片34との間に、より小さな間隙21が形成される。

【0020】短絡片34は、技術上知られる従来の方法により、マイクロプラットフォーム20上に形成される。短絡片34は、マイクロプラットフォーム20の下から、接点ポスト32を覆うように伸びる。短絡片34

は、金、プラチナ、金Rhまたは金-プラチナなどの導電金属によって作られるのが望ましい。

【0021】選択的には、図3に示されるように、ランディング（landing）バンパ26が、マイクロプラットフォーム20近傍の4個のバネのそれぞれの下に配置される。バンパ26は、それぞれのバネが、マイクロプラットフォーム20の角と結合されるポイント近くで、バネの直下に対称的に配置される。動作において、ランディング・バンパは、マイクロプラットフォーム20がon状態に移行して、比較的狭い接点領域が、マイクロプラットフォーム20と底部電極14との間に作られるときに、マイクロプラットフォーム20を支持する。マイクロプラットフォーム20と底部電極14との物理的接触による静止摩擦問題が、劇的に低減される。マイクロプラットフォーム20がon位置に移行すると、基板に対する機械的衝撃が発生して、底部電極14の機能領域の外側に配置されるランディング・バンパ26が、機械的バッファとして使用されて、マイクロプラットフォーム20が、底部電極14に対して直接衝撃を与えるのを防げる。ランディング・バンパ26は更に、プラットフォームの誘電層への電荷注入による静止摩擦を低減する。ランディング・バンパ26は、上部電極16に対して、電氣的に浮遊するか、または電氣的に接続されるか、いずれかの状態をとることができる。

【0022】好適な実施例において、スイッチ10は、図3に示されるように対称性がある。本発明の折り返しバネ22の別の実施例が図7に示される。この第2の実施例において、バネは、マイクロプラットフォーム20に対し直交方向で折り返されて、バネ22がS字形により類似するようにする。

【0023】スイッチがon状態になる場合の動作において、マイクロプラットフォーム20は基板12の方向へと動いて、短絡片34は、基礎にある接点ポスト32と接触し、図6に示されるように、低インピーダンス・スイッチon信号を生じる。スイッチの電気接点領域は、接点ポスト32の上部領域の大きさによって決定される。

【0024】マイクロプラットフォーム20と折り返しバネ22は、金、ニッケル、プラチナ、Rhおよびそれらの合金などの単一導電材料層によって形成できる。これらの材料が使用されるとき、マイクロリレー型RFスイッチは、制御／RF信号分離またはDC／RF分離のない、マイクロ・スイッチ・タイプとして単純化される。

【0025】接点ポスト32は、金、金-プラチナ、金Rh、銀／ニッケル／プラチナおよび銀／Rhなど、容易に酸化しない貴金属と、技術上周知の他の従来金属とによって形成できる。

【0026】アルミニウムまたは金などの金属によって通常構成される上部電極16は、プラットフォーム20

の上部に形成される。上部電極16は、アンカー構造24の上から始まって、プラットフォーム20の上部に沿って伸びる。選択的には、スイッチの動作性能を向上させるために、プラットフォーム20は、上部電極16まで伸びる穴28のグリッドを含むように形成できる。これらの穴は通常、例えば、1から10ミクロンの寸法を有する。

【0027】動作において、スイッチ10は、図5に示されるように、通常off位置にある。スイッチ10がoff位置にあるとき、信号ライン18は、間隙21および信号ライン18の分離によって開路となる。スイッチ10は、上部電極16に電圧を印加することにより、「on」位置に駆動される。上部電極16に電圧が印加された状態で、静電力が、プラットフォーム20を底部電極14の方に引きつけ、これにより、短絡片34は接点ポスト32とともに、間隙21を閉じ、信号ライン18を、図6に示されるように、「on」状態に置く。

【0028】好適な環境において、接点ポスト32は、信号ライン18上で、底部電極14を超える高さまで伸び、これにより、図5に示されるように、接点ポスト32と短絡片34との間に比較的狭い隙間を残す。「on」位置において、プラットフォーム20は、基板の方に動き、短絡片34は、下に位置する固定された接点ポスト32と接触して、図6に示されるように、低抵抗スイッチon信号を生じる。プラットフォームがonに切り替わると、ランディング・バンパ26が、プラットフォーム20を支持して、小さな物理接触領域のみが、プラットフォーム20と底部電極14との間に作られる。

【0029】動作において、DCバイアスが、電極14、16にかけられ、マイクロプラットフォーム20が、接点ポスト32に向かって動くにつれ、バネが曲がる。折り返しバネ22によって懸架式プラットフォーム20が基板に付着しているので、この曲がりやが達成される。バネ22は、変位のほとんどに寄与して、印加された電圧が、スイッチのしきい値を超えるにつれ、プラットフォーム20が、下に位置する接点ポスト32に接触するように平面を維持する。折り返しバネ22が、下に位置するランディング・バンパ26にいったん触れると、マイクロプラットフォーム20は、ランディング・バンパ26の周囲で変形して、底部電極14と部分的に物理接触し、かつ、それにより、図5および図6に示されるように、電荷注入および密着静止摩擦を低減する。このため、スイッチ10の対称構造と、プラットフォーム20が底部電極14の方向に移動するにつれて、平坦化を維持することは、短絡片34と接点ポスト32との平面-平面接触を確保して、アークを妨げ、大きな電流容量を提供する。

【0030】短絡片34と接点ポスト32との間の平面-平面接触領域は、大きな電流容量を実現しやすいほど

に広い。

【0031】制限するのではなく、あくまでも例として示される、エレクトロメカニカル・スイッチ10を構築するに当たっての種々の構成部品の寸法と設計上の限界は、次の通りである。RFスイッチは、従来から技術上知られているように、6つのマスキング・レベルを用いて、表面微細作製技術を用いることにより作られる。製造工程は、半絶縁性のGaAsウエハ、完全絶縁性のガラスまたはセラミック・ウエハ、またはプリント回路板(PCB)など、熱的に酸化された高抵抗性のシリコン・ウエハとすることができる基板12から始まる。

【0032】マイクロプラットフォーム20、懸架式バネ22、アンカー24、短絡片34、接点ポスト32、信号ライン18、ランディング・バンパ26、電極14、16を形成するに当り、金属膜が、基板12の上に堆積されて、エッチングまたはリフトオフ技術によってパターン形成されて、RF信号ライン18と底部電極14を形成する。ポリイミド層が、基板12の上にスピコートされ、ついで、350℃を超えない温度で一連の熱硬化が行われる。第2ポリイミド層がコーティングされて、ハード硬化される。ついで、膜厚250nmのSi₃N₄膜36が、マスキング材料として堆積され、パターン形成される。ついで、酸素プラズマRIE（反応性イオン・エッチング）が適用されて、パターンを、下に位置する2つのポリイミド層に転写し、これにより、理想的なリフトオフ輪郭を形成する。500nmから2.0μmの範囲の膜厚を有する接点ポスト32とランディング・バンパの金属膜が、堆積される。金属リフトオフは、標準ポリイミド・ストリップ内で、第2ポリイミド層を剥離させることによって完了する一方、第1ポリイミド層はそのまま、基板12上に残る。

【0033】第2ポリイミド層がスピコートされ、クロス・リンクされて、第1ポリイミド層とともに、犠牲層を形成する。第2ポリイミド層は、第1層と同一材料にして、2つの異なる材料によって引き起こされる熱膨張の不整合を回避することができる。アンカー構造24は、技術上知られる従来の方法を用いて、作製できる。例えば、ビアは、酸素プラズマRIEにおいて、アンカー領域周囲のポリイミド犠牲層38を除去することによって、形成できる。ついで、アンカー24は、ビアに金属を電解メッキするか、または3層金属リフトオフ工程のいずれかにより形成される。アンカー24は、ポリイミド犠牲層の膜厚に等しい膜厚を有することが望ましい。別の従来の方法では、比較的大きな面積のアンカーが、バネ22とマイクロプラットフォーム20の下にあるポリイミドを、横方向にアンダカットした後、懸架式構造を支持するのに十分なポリイミドを維持するように設計される。

【0034】300nmから1.5μmの範囲の膜厚を有する短絡片の金属層が、ポリイミドの上に堆積され

て、リフトオフされて、短絡片34を形成する。0.5から約2.5 μm の範囲の膜厚を有するPECVDシリコン酸化窒化物、酸化シリコンまたは窒化シリコンの層が、堆積され、パターン形成されて、懸架式バネ22とマイクロプラットフォーム20とを形成する。50nmから500nmの範囲の膜厚を有する金、プラチナ、アルミニウム、ti-tungsten、またはケイ化物などの導電材料層がついで、堆積され、リフトオフされて、上部電極16を形成する。最後に、酸素プラズマ・アッシング装置(asher)内で、ポリイミド犠牲層を除去することにより、全体構造が離される。

【0035】

【例】DC特性とRF特性はすべて、本発明では、気密封止された低圧ヘリウム環境内で、プロトタイプのRFスイッチに関して実施された。測定されたRFスイッチは、2.0 μm の空隙、150 μm のバネ長L1、膜厚1.6 μm の誘電シリコン酸化窒化物の構造膜、100 $\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ のマイクロプラットフォーム、6 $\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ の接点ポストを有するガラス基板上に作製された。DC試験から、スイッチon抵抗とスイッチoff抵抗はそれぞれ、1.0オーム未満、10¹²オーム超だった。このスイッチは、25Vもの低い電圧で、静電気により切り換えられた。スイッチの開閉時間は約20 μs だった。動作電圧が高いと、スイッチ応答時間を低減できることが認められた。RFスイッチのDC電流容量は、50mA超だった。スイッチon状態で消費されるDC電力は、約1.0 μW であり、その大半は、誘電膜を通したDC電流漏れが寄与する。RFプローブ試験から、RFスイッチは、低い挿入損、高い分離および低い反射減衰量の点で、極めて優れた性能を有し、DCから50GHzまでの周波数と、それより遙かに高い周波数の広帯域(broad-band)信号を処理できる。例えば、800MHzにおいて0.2dB未満、20GHzで0.5dB未満の挿入損；800MHzにおいて65dB以

上、20GHzで35dB以上の電氣的分離；800MHzにおいて26dB、20GHzで13dBの反射減衰量が達成された。

【0036】本発明は具体的実施例に関して説明してきたが、当業者は、本発明の範囲から逸脱しない形で、種々の変更および変形を実施できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 米国特許第5,578,976号によるマイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチの上面図である。

【図2】 図1の線2-2に沿って切り取られた先行技術のMEMSスイッチの断面図である。

【図3】 本発明の折り返しバネ・ベースのスイッチ構造の好適な実施例に関する上面図である。

【図4】 図3の本発明による折り返しバネ構造を示す本発明の折り返しバネ構造の斜視側面図である。

【図5】 本発明によるスイッチの「off」状態の側面図である。

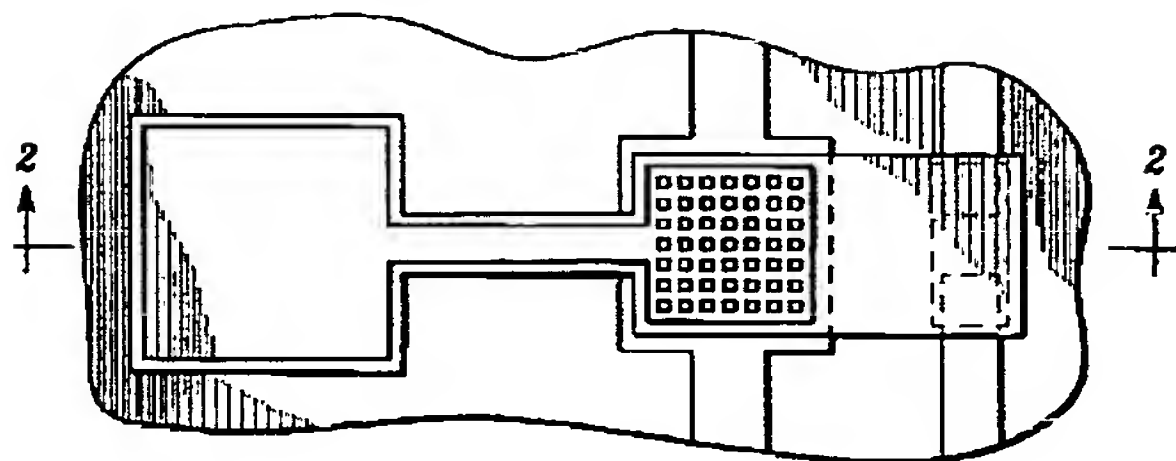
【図6】 「on」状態にある本発明の側面図である。

【図7】 本発明による折り返しバネ構造の第2実施例の上面図である。

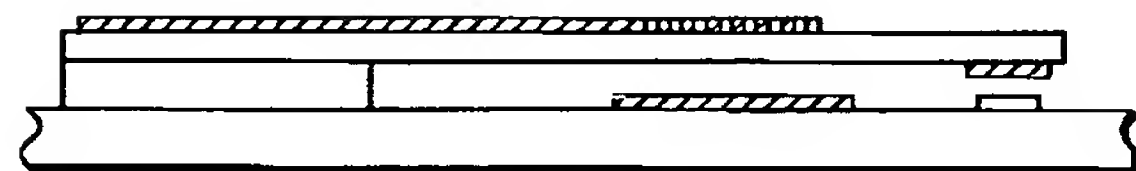
【符号の説明】

- 10 スイッチ
- 12 基板
- 14 底部電極
- 16 上部電極
- 18 信号ライン
- 20 マイクロプラットフォーム
- 21 空隙
- 22 折り返しバネ
- 24 アンカー構造
- 26 ランディング・バンパ
- 28 穴
- 32 接点ポスト
- 34 短絡片

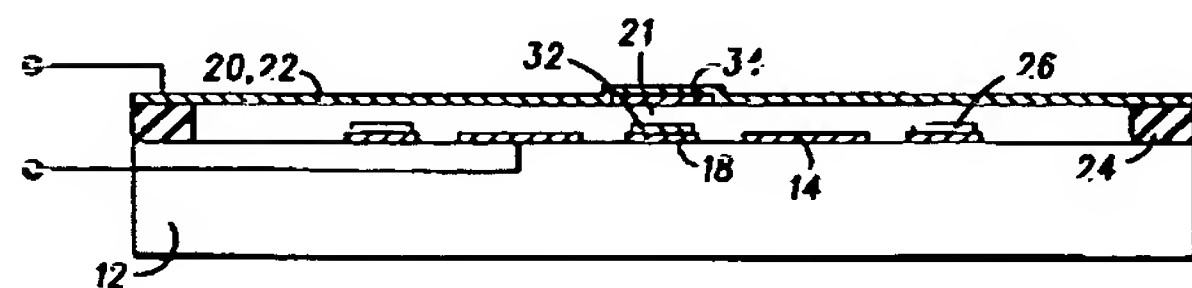
【図1】



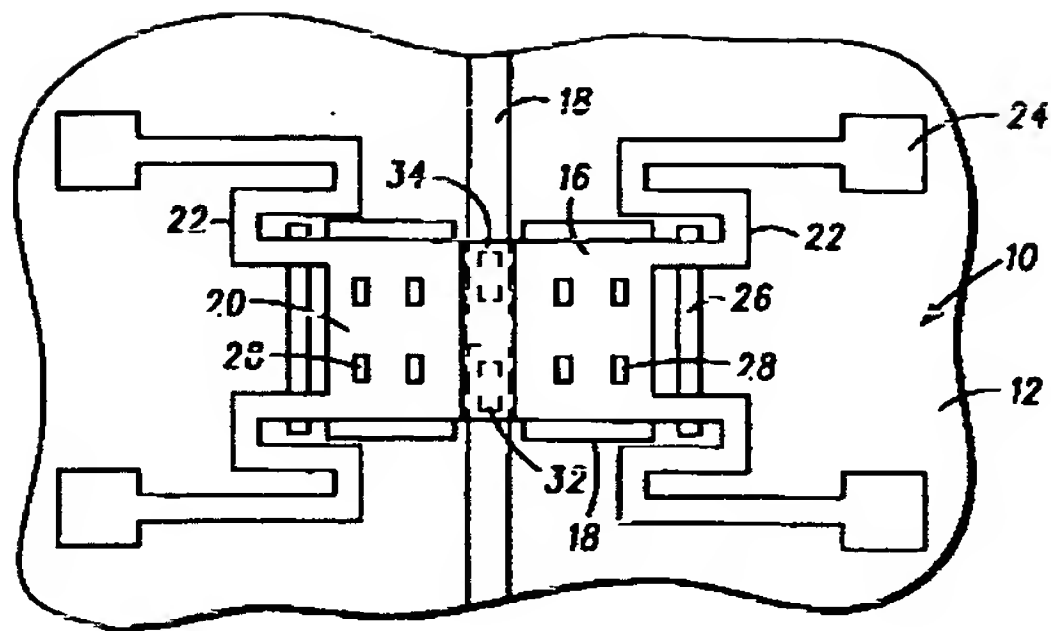
【図2】



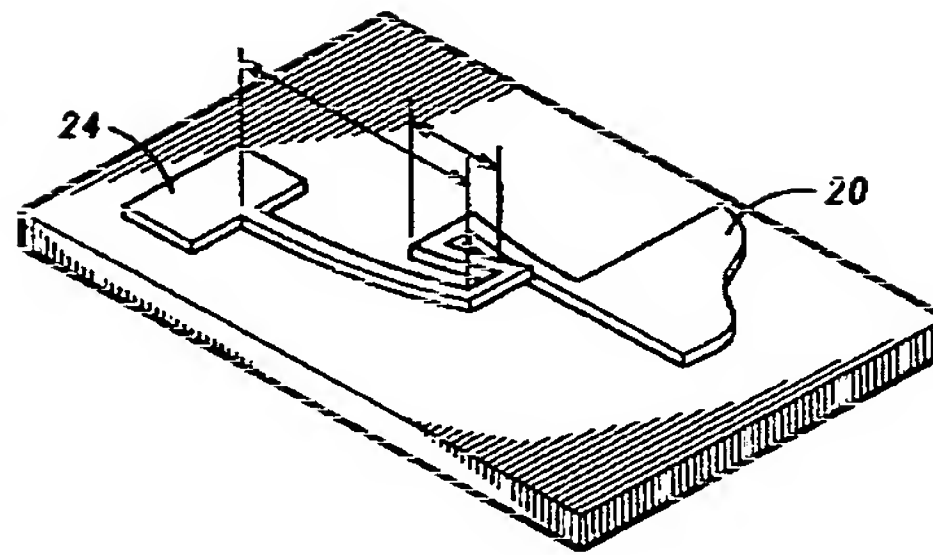
【図5】



【図3】



【図4】



【図7】

【図6】

